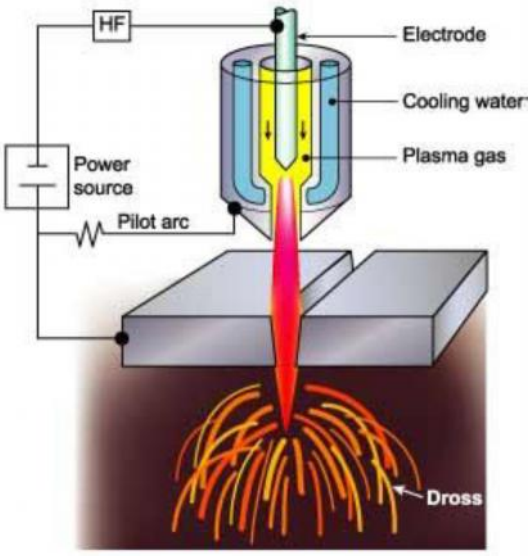
- وكلما كانت سرعة الغاز الخارج من الصاروخ عالية ، قلت نسبة الوقود المستخدم لدفع مركبة فضائية من مكان **لآخر في الفضاء، ولذا نحتاج إلى عدة** أطنان من الوقود لإرسال مركبة فضائية كبيرة مأهولة أو على متنها معدات ثقيلة. أما إذا استخدمنا صاروخ البلازما الذي تصل سرعة العادم فيه إلى 60 كيلومتراً في الثانية، فان وزن المادة الدافعة يمثل جزءا صغيرا بالمقارنة بتلك التي يستخدمها الصاروخ الكيميائي.

- ولابد من الإشارة إلى أن صواريخ البلازما تستخدم فقط في محيط الفضاء **الخارجي، أي عند وصول المركبة إلى** المدار المخصص لها، لأننا ما زلنا نعتمد على عملية الدفع الكيميائي لإطلاق المركبات الفضائية من على سطح الأرض.

- وقد ساعد استخدام الدفع بالبلازما في المدارات على توفير قدر هائل في كمية المادة المستخدمة في عملية الدفع والتي يجب إطلاقها، وهذا يعني توفيرا كبيرا في تكلفة عملية الإطلاق، إذ تصل تكلفة إطلاق كيلوغرام واحد **من** هذه المادة ما بين 20 إلى 200 ألف دولار

- **هزة قطع المعادن بالبلازما**

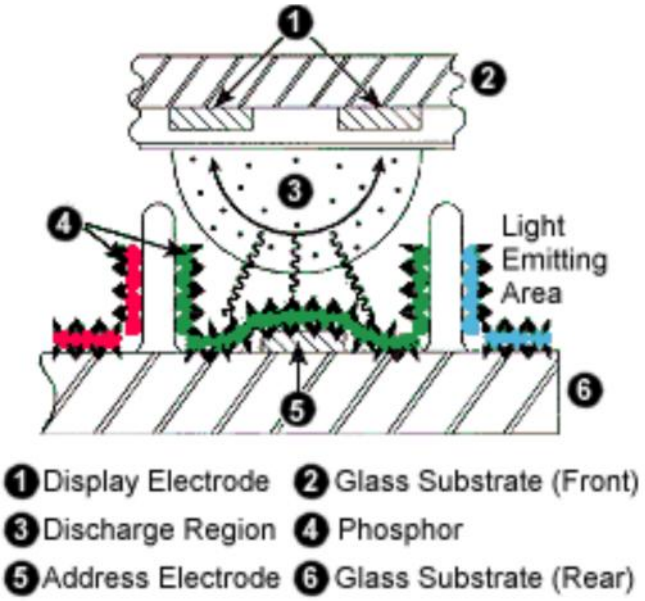
- تستخدم البلازما لقص المعادن كالحديد عن طريق تمرير غاز بضغط عالي في أنبوب ضيق يوجد في وسطه قطعة حديد تحمل شحنة كهربائية سالبة ، و حينما يقوم الجهاز بلمس المعدن المراد قصه والذي يكون موصولاً **بشحنة** موجبة، تنتج شرارة قوية جداً داخل الأنبوب المليء بالغاز المضغوط فيتحول **الغاز إلى حالة البلازما** مطلقاً طاقة كبيرة وحرارة كبيرة قد تصل ل 16649 درجة مئوية وبسرعة قد تصل ل 6096 متر بالثانية وهي كافية لصهر المعدن المراد قصه.



الشكل(9): عملية قطع المعادن باستخدام البلازما

- **البلازما في مجال صناعة التلفزيونات**

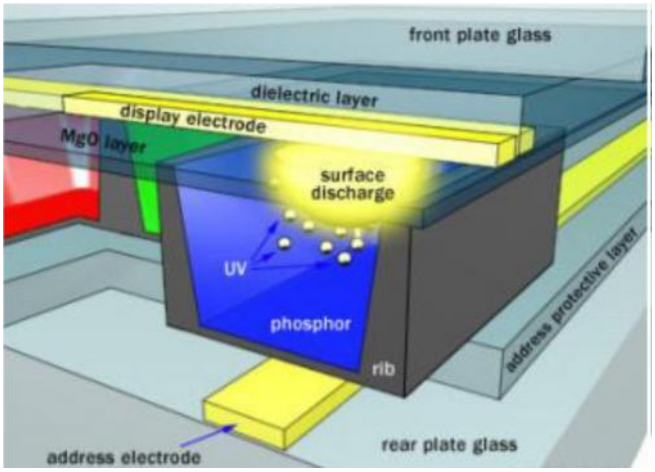
- تستخدم البلازما في صناعة التلفزيونات عالية الدقة (شاشات البلازما) عبر وضع خلايا متناهية في الصغر تحتوي على غاز الزينون Xe داخل شرائح من الزجاج والمواد الموصلة للطاقة لإنتاج إضاءة بكميات وألوان مختلفة حسب الصورة المراد عرضها.



الشكل(10): الية عمل شاشات البلازما

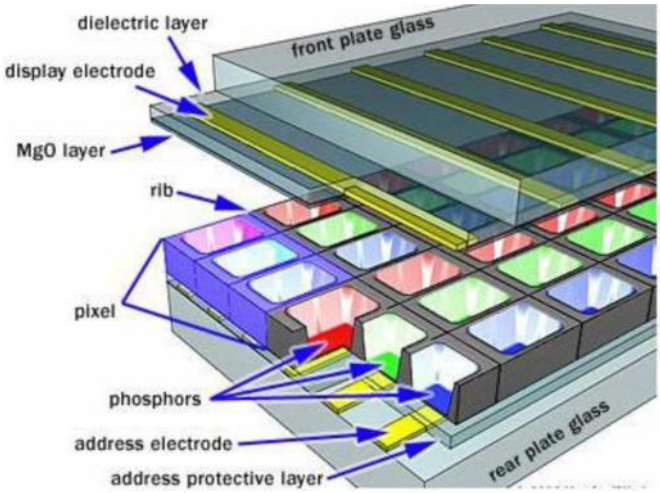
- حيث تتوزع ذرات النيون Ne وذرات الزينون Xe على ألاف الخلايا المحصورة بين لوحين من الزجاج المنطقة رقم (2) و (6) الموضحة في الشكل. يتصل باللوح الزجاجي الأمامي (6) الكترود يسمى الكترود العرض (Display Electrode) ويتصل باللوح الزجاجي الخلفي (6) الكترود العنونة Address Electrode وبالتالي تصبح كل خلية ضوئية (تحتوي على ذرات النيون والزينون) محاطة بالكترود العرض من الأمام والكترود العنونة من الخلف .تحيط مادة عازلة غير موصلة للكهرباء dielectric material الكترود العرض ومغطاة بطبقة واقية من اوكسيد

المغنيسيوم لتكون بين الخلية الضوئية ولوح الزجاج الأمامي كما هو موضح في الشكل(11) المقابل اللون الأصفر للالكترود الأمامي والخلفي والخلايا ضوئية الموضحة باللون الأزرق ويوجد بجانبها خلية ضوئية خضراء وأخرى حمراء، كذلك موضح الطبقة الواقية الشفافة من MgO



الشكل(11): نظرة داخلية لخلية تلفزيون البلازما

- وبنظرة شمولية أكثر نلاحظ في الشكل(12) كيف تترتب الخلايا الضوئية على مساحة الشاشة وتقسم الشاشة إلى وحدات صغيرة تسمى عناصر الصورة وتدعى بكسل وكل بكسل عبارة عن ثلاثة خلايا ضوئية للألوان الأحمر والأخضر والأزرق.
- ونلاحظ أيضا أشرطة الالكترود (اللون الأصفر) بحيث تكون مرتبة في صفوف متوازية ويكون الكترود العنونة ممدد على طول الخلايا الضوئية ذات اللون الواحد ويكون الكترود العرض ممددا على طول البكسل.وهذا يكون على طول وعرض الشاشة مما يشكل في النهاية شبكة من الالكترود
-



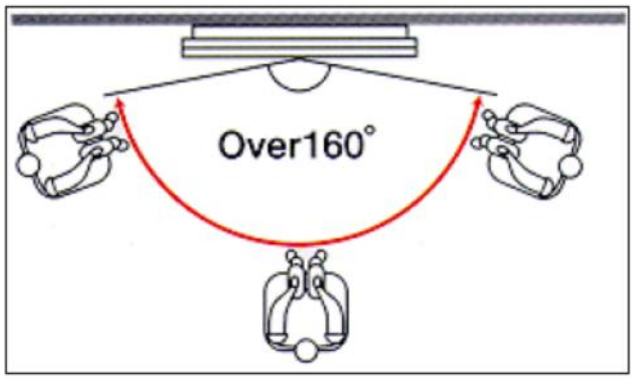
الشكل(12): الخلايا الضوئية في شاشات البلازما

- وعملية تأين الغاز في داخل أية خلية ضوئية يتحكم فيه كمبيوتر خاص للشاشة حيث يتحكم في توجيه الشحنة الكهربية إلى الالكترودين المتعامدين فيحدث التفريغ الكهربي في تلك الخلية وتتكرر هذه العملية آلاف المرات في جزء من الثانية.
- عندما يشحن الالكترودين المتعامدين (المتقاطعين) يصبح هناك فرق جهد بينهما فيمر تيار كهربي في تلك الخلية الضوئية التي تحتوي غاز النيون والزينون فيتأين الغاز ويتحول إلى بلازما وتنطلق أشعة كهرومغناطيسية (فوتونات) فوق بنفسجية.
- تعمل الأشعة الفوق بنفسجية المنطلقة من البلازما على إثارة المادة الفسفورية المغلفة للخلية الضوئية حيث تمتص الكترونات ذرات الفسفور فوتون الأشعة فوق البنفسجية وينتقل الإلكترون إلى مستويات طاقة أعلى وعند عودة الإلكترون المثار إلى مستوى طاقته الأصلي يعطي ضوء في المدى المرئي.

- وكما ذكرنا سابقا فإن كل بكسل مكون من ثلاث خلايا ضوئية وكل خلية ضوئية مغلفة من الداخل بمادة فسفورية تعطي ضوء أحمر والثانية تعطي ضوء أخضر والثالثة تعطي الضوء الأزرق (أي أن هناك ثلاث أنواع مختلفة من الفسفور لكل خلية ليعطي الألوان الأساسية).
- وبالتحكم بشدة تيار النبضات الكهربية الموجهة بواسطة الكمبيوتر إلى الخلايا الضوئية المختلفة يمكن الحصول على خليط من الألوان الأساسية لتعطي في المحصلة كل الألوان الممكنة. وحيث أن التحكم يصل إلى كل بكسل فإن الصورة الناتجة من الشاشة ذات دقة عالية مهما كانت الزاوية التي ننظر إليها إلى الشاشة.

ات شاشة البلازما

- وزن الشاشة خفيف ومسطحة تماماً وسمكها لا يزيد عن 15 سنتيمتر مما يجعل تعليقها على الجدران ممكن.
- مدى رؤية كبير يصل إلى 160 درجة وصورة واضحة وألوان زاهية ودقة عالية.
- لا تتأثر بالمجالات المغناطيسية حولها وبالتالي يمكن تثبيت نظام سمعي عالي الجودة دون القلق على التأثير المغناطيسي للسماعات على الشاشة.



استخدامات البلازما في مجال البيئة

- تستخدم البلازما حاليا في العديد من الدول المتقدمة في التخلص من المواد السامة الملوثة للبيئة معتمدين على العمليات الكيميائية الفريدة التي تتم داخل البلازما. حيث يمكن إن تقوم البلازما بتحويل المواد السامة المنبعثة من مداخن المصانع ومن عوادم السيارات مثل غاز أوكسيد الكبريت SO وأوكسيد النتريك NO إلى مواد غير **سامة**.

- فعلى سبيل المثال غاز NO قبل إن يخرج من المدخنة إلى الغلاف الجوى، توجه عليه حزمة من الالكترونات ذات طاقة عالية من جهاز **مثبت في** منتصف المدخنة تعمل على تأيين الغازات الموجودة المادة السامة NO والهواء أي تحولها إلى حالة بلازما.

- وقبل خروجها إلى الجو تكون مرحلة التأيين قد انتهت وتتكون جزيئات النيتروجين والأكسجين نتيجة لعملية إعادة الاتحاد. وبهذا نكون قد حولنا **الغازات الملوثة** إلى غازات نافعة وبتكاليف قليلة.

- يجدر الإشارة هنا أنه تم حديثا التوجه إلى معالجة الغازات المنطلقة من عوادم السيارات، حيث تم تركيب جهاز بلازما في عادم السيارة ليعالج الغازات السامة قبل خروجها إلى الجو. كذلك أجريت تجارب عديدة على الفضلات الصلبة والسائلة حيث تستخدم بلازما عند درجات حرارة عالية تصل إلى 6000 درجة مئوية تعمل على تبخير وتحطيم المواد السامة وتحولها إلى غازات غير سامة ، وفى نهاية العملية يكون ما تبقى من مواد صلبة في صورة زجاج.

الخواص العامة فيزياء لبلازما

- تكون على الأغلب غير متجانسة non homogeneous في التركيز و درجة الحرارة والإشعاع والمجال المغناطيسي ولذلك فان خواصها الفيزيائية دول الروابط المجالات والفضاءات.
- في أكثر الأحيان تكون متباينة الخواص isotropic وهذا يعني أن خواص البلازما تعتمد على الاتجاه.
- مبددة dissipative أي انه من الممكن تحويل الطاقة الميكانيكية والكهرومغناطيسية إلى الطاقة الحرارية
- مشتتة dispersive أي إن طور السرعة لنمط موجي معين يعتمد على تردد الموجة
- لزجة viscous بحيث أن الطاقة الميكانيكية تتبدد إلى حرارة التي تؤدي إلى ظهور طبقات بين أطراف البلازما مما تعيق حركتها
- موصلة للكهربائية بحيث أن الفولتية تولد التيار الكهربائي عندما يظهر حث فاراداي عند تحرك البلازما مع الأخذ بنظر الاعتبار المجال المغناطيسي الخارجي
- موصلة للحرارة بحيث يمكن نقل الحرارة من خلال البلازما إلى جسم آخر
- لا خطية non linear هذا يعني انه بإمكان لموجتين من التفاعل بالصورة التي يمكن توليد الاضطراب وعدم الاستقرارية في تقطع التضمين modulationللموجات الكهرومغناطيسية
- شفافة transparent أو غير شفافة للموجات الراديوية اعتمادا على الطول الموجي

* ذات نفاذية permeation مغناطيسية ضعيفة : لذلك فان المجال المغناطيسي يضعف بوجود البلازما

* ناقلة للطاقة ويمكن تحويلها إلى عدة أشكال منها كتوليد الطاقة الهيدروديناميكية

أنواع لبلازما

تصف البلازما اعتمادا على درجة التأين(وهي كمية **الذرات التي فقدت أو اكتسبت الكترونات)إلى**

1. البلازما الباردة :cold plasma يطلق على البلازما ذات التأين الخفيف تسمية" البلازما الباردة ."والتي تتراوح درجة حرارتها ما بين عدة مئات إلى عدة عشرات الآلاف يطلق عليها(التفريغ الغازي الأيوني) من الدرجات المئوية
2. البلازما الحارة :hot plasma ويطلق ذلك على البلازما تامة التأين والتي تتراوح درجة حرارتها ما بين مئات الآلاف إلى ملايين من الدرجات المئوية . أن المكون الأساسي للشمس والنجوم المضاءة من البروتونات والنيوترونات والالكترونات المتفاعلة تعد من البلازما الحارة.
3. البلازما شديدة البرودة : very cold plasma ومن الممكن إنتاج بلازما شديدة البرودة باستخدام شعاعي ليزر، أحدهما يمسك ويبرد الذرات المحايدة المتعادلة إلى درجة حرارة تعادل 1 ملي كلفن أو أقل، والآخر يؤين الذرات بواسطة إعطاء الإلكترونات الأبعد طاقة كافية للخروج من مجالها الذري. والنقطة المهمة في البلازما شديدة البرودة هي معالجة الذرات بدقة بواسطة الليزر، والسيطرة على الطاقة الحركية للإلكترونات المتحررة .باستخدام ليزر نبضي معين، يمكن إنتاج طاقة إلكترون مقارنة لدرجة حرارة صغيرة تعادل 3.1كلفن، ويكون نطاق تردد الليزر النبضي محدد سلفاً، فالأيون يحافظ على درجة حرارة تساوي ملي كلفن في الذرة المحايدة المتعادلة .هذا النوع من البلازما تكون غير المتوازنة ينشأ بسرعة، حيث تتشكل البلازما من تكثيف الذرات بالإثارة

وتصف أيضا لستادا للحرارة المرتبطة بالإلكترونات والأيونات والجسيمات المحايدة المتعادلة إلى

1. البلازما الحرارية : thermal plasma تكون فيها الإلكترونات والأجسام الثقيلة بنفس درجة الحرارة، أي تكون بحالة توازن حراري مع بعضها البعض.
2. البلازما اللاحرارية : non thermal plasma تكون الأيونات والجسيمات المحايدة المتعادلة بحالة الحرارة المحيطة بها بينما ترتفع درجة حرارة الإلكترونات بشكل أكبر بكثير

وتصف من حيث وجود المجال المغناطيسي إلى

1. البلازما المغناطيسية: magnetized plasma وتكون بوجود المجال المغناطيسي.
2. البلازما غير المغناطيسية : non- magnetized plasma وتكون المجال المغناطيسي عندها مساويا إلى الصفر.